



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10254124 A**(43) Date of publication of application: **25.09.98**

(51) Int. Cl.

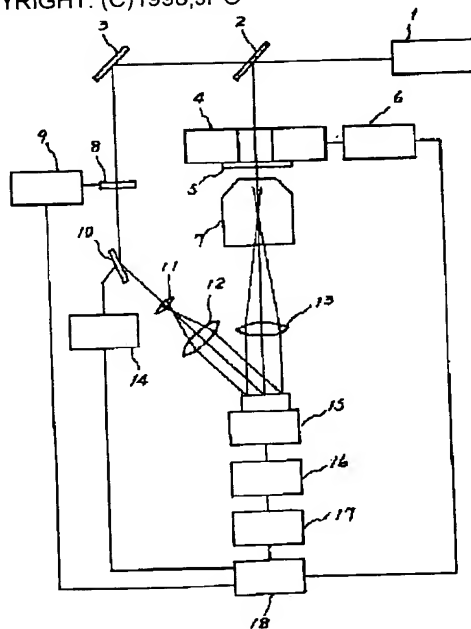
**G03F 1/08  
H01L 21/027**(21) Application number: **09058787**(71) Applicant: **HITACHI LTD**(22) Date of filing: **13.03.97**(72) Inventor: **NAKAYAMA YASUHIKO****(54) METHOD FOR INSPECTING PHASE SHIFT MASK AND DEVICE THEREFOR****(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To measure the phase difference of phase shifters in a short time by illuminating a phase shift mask with light of a prescribed wavelength, interfering this light with reference light to generate interference fringes and calculating the phase quantity of the phase shifters from the phase information of the phase shifter parts and non-phase shifter parts of these interference fringes.

**SOLUTION:** The light emitted from a light source 1 having coherence is split to the reference light and the object light by a beam splitter 2. The object light is cast to the phase shift mask 5 and forms a phase shift mask image on a sensor 15 by an objective lens 7 and an image forming lens 13. On the other hand, the reference light is magnified by a mirror 3, a variable angle mirror 10 and lenses 11, 12 to a size which interferes with the object light on the sensor 15 which is two-dimensional CCDs and is cast as parallel luminous fluxes. The object light and the reference light are interfered on the sensor 15 and the interference fringe images are obtd. by an image processing section 16. The

phase shift quantity is found with a phase calculation section 17 by using the images obtd. in this image processing section 16.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-254124

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月25日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 3 F 1/08

H 0 1 L 21/027

識別記号

F I

G 0 3 F 1/08

H 0 1 L 21/30

S

5 0 2 P

5 2 8

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-58787

(22) 出願日 平成9年(1997) 3月13日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 中山 保彦

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式

会社日立製作所生産技術研究所内

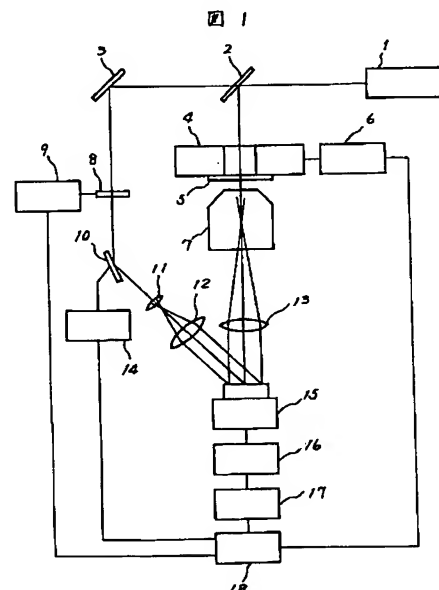
(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

(54) 【発明の名称】 位相シフトマスクの検査方法およびその装置

(57) 【要約】

【課題】 位相シフトの位相量を短時間で非接触で正確に求める検査方法を提供する。

【解決手段】 可干渉性のある光を二分割し、一方を位相シフトマスクに照射し、その透過光を位相シフトマスクと共役な位置で他方の光と角度をつけて干渉させ、位相シフト部と非位相シフト部の干渉縞信号から位相シフトの位相量を測定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】位相シフトパターンを有する位相シフトマスクにおいて、可干渉性のある光を分岐し、一方の光を上記位相シフトマスクに照射し、上記位相シフトマスクからの透過光を結像レンズにより上記位相シフトマスクと共役な位置で位相シフトマスク像を結像させ、他方の光を上記位相シフトマスクと共役な位置に角度をつけて照明し、干渉させ、位相シフトマスクの位相差が異なる複数点の干渉縞信号の位相差より位相シフトマスクの位相量を測定し、位相シフトマスクの良否を判定することを特徴とする位相シフトマスクの検査方法。

【請求項2】可干渉性のある光を分岐する手段と、位相シフトパターンを有する位相シフトマスクに、一方の光を照射する手段と、上記位相シフトマスクからの透過光を結像レンズにより上記位相シフトマスクと共役な位置で位相シフトマスク像を結像させる手段と、他方の光を上記位相シフトマスクと共役な位置に角度をつけて照明する手段と、上記位置で干渉させ干渉縞信号を検出する手段と、位相シフトマスクの位相差が異なる複数点の干渉縞信号の位相差より位相シフトマスクの位相量を測定する手段と、上記検出された位相量から位相シフトマスクの良否を判定する手段からなることを特徴とする位相シフトマスクの検査装置。

【請求項3】位相シフトパターンを有する位相シフトマスクにおいて、可干渉性のある光を分岐し、一方の光を上記位相シフトマスクに照射し、上記位相シフトマスクからの透過光を結像レンズにより上記位相シフトマスクと共役な位置で位相シフトマスク像を結像させ、他方の光を上記位相シフトマスクと共役な位置に角度をつけて照明し、干渉させ、位相シフトマスクの位相差が異なる複数点の干渉縞信号の位相差より位相シフトマスクの位相量を測定することを特徴とする位相シフトマスクの測定方法。

【請求項4】可干渉性のある光を分岐する手段と、位相シフトパターンを有する位相シフトマスクに、一方の光を照射する手段と、上記位相シフトマスクからの透過光を結像レンズにより上記位相シフトマスクと共役な位置で位相シフトマスク像を結像させる手段と、他方の光を上記位相シフトマスクと共役な位置に角度をつけて照明する手段と、上記位置で干渉させ干渉縞信号を検出する手段と、位相シフトマスクの位相差が異なる複数点の干渉縞信号の位相差より位相シフトマスクの位相量を測定する手段からなる位相シフトマスクの測定装置。

【請求項5】請求項1において、上記干渉縞信号から平均的な上記位相シフトマスクの位相量を測定する位相シフトマスク検査方法。

【請求項6】請求項1において、上記干渉縞信号から局所的な上記位相シフトマスクの位相量を測定する位相シフトマスク検査方法。

【請求項7】請求項2において、上記干渉縞信号から平均的な上記位相シフトマスクの位相量を測定する手段を有する

位相シフトマスク検査装置。

【請求項8】請求項2において、上記干渉縞信号から局所的な上記位相シフトマスクの位相量を測定する手段を有する位相シフトマスク検査装置。

【請求項9】請求項1において、上記干渉縞信号から平均的な上記位相シフトマスクの位相量を測定する位相シフトマスク測定方法。

【請求項10】請求項1において、上記干渉縞信号から局所的な上記位相シフトマスクの位相量を測定する位相シフトマスク測定方法。

【請求項11】請求項2において、上記干渉縞信号から平均的な上記位相シフトマスクの位相量を測定する手段を有する位相シフトマスク測定装置。

【請求項12】請求項2において、上記干渉縞信号から局所的な上記位相シフトマスクの位相量を測定する手段を有する位相シフトマスク測定装置。

【請求項13】位相シフトパターンを有するマスクにおいて、可干渉性のある光と上記光と波長がわずかに異なる光を合成してマスクに照射し、マスクからの透過光をマスクと共役な位置で位相シフトマスクの位相差が異なる複数点での光を光電変換し、光電変換された信号の位相差より位相シフトマスクの位相量を測定し、位相シフトマスクの良否を判定することを特徴とする位相シフトマスクの検査方法。

【請求項14】請求項13において、可干渉性のある光と上記光と波長がわずかに異なる光を合成した後に2つに分割し、一方をマスクに照射し、マスクからの透過光をマスクと共役な位置で位相シフトマスク部の光を光電変換し、他方の光を光電変換し、光電変換された信号の位相差より位相シフトマスクの位相量を測定し、位相シフトマスクの良否を判定する位相シフトマスクの検査方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ULSI等の高集積回路の製造に用いられる位相シフトマスクの検査方法に関し、特に、位相シフトマスクの位相シフトマスクの位相差を正確に測定する位相シフトマスクの検査方法及び検査方式に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体集積回路は、シリコンウェハ等の非加工基板上にレジストを塗布し、ステッパ等の投影露光装置により所望のパターンを露光した後、現像、エッチング、成膜等を繰り返すことによって製造される。

【0003】この中のパターンを形成する露光工程に使用されるマスクと呼ばれるマスクは、半導体集積回路の高性能化、高集積化に伴ってますます高精度なものが要求される傾向にある。例えば、64MDRAM用の5倍マスクにおける寸法ずれは、0.07 $\mu$ m(3 $\sigma$ )の寸法精度が要求されている。

【0004】さらに、これらのマスクを使用して形成さ

れるデバイスパターンは64MDRAMでは0.35 $\mu$ mと、高集積化に伴いますます微細化が要求されており、このような要求に応えるために様々な露光方法が研究、提案されている。

【0005】ところが、64MDRAM以降のデバイスパターンはこれまでのマスクを用いた露光方式では、光学的解像度の限界となり、この限界を乗り越えるものとして、例えば特開昭58-173744号公報、特公昭62-59296号公報等々に示されているように、位相シフトマスクという新しい考え方のマスクが提案されて

10 きている。位相シフトマスクは、マスクを透過する光の位相を操作することによって、投影像の分解能及びコントラストを向上させる技術である。

【0006】位相シフトマスクを用いた投影方式を次に説明する。図9は位相シフトの原理を示す説明図である。図10は従来法であり、(a)はマスクの断面、

(b)はマスク上の光の振幅、(c)はウェハ上の光の振幅、(d)はウェハ上の光強度を示す。

【0007】従来法では、図10(a)に示すように、ガラス等からなる基板70にクロム等からなる遮光膜71が形成されて、所定のパターンの光透過部が形成されて

20 いる。位相シフトマスクは図9(a)に示すようにマスク上の隣接する光透過部の一方に位相を反転(位相差180°)させるための透過膜ならなる位相シフト72が設けられている。従って、従来法では、マスク上の光の振幅は図10(b)に示すように同相となり、ウェハ上の光の振幅も図10(c)に示すように同相となるので、その結果、図10(d)のようにウェハ上のパターンを分離することができないのに対して、位相シフトを用いると、これを透過した光は図9(b)に示すように

10

30

50

膜73から漏れた光に位相シフト層74で位相差を与え、図11(b)に示すように、開口部を透過した光と逆位相にするので、図11(c)に示すような振幅になるため、図11(c)に示すようにパターンの境界部で光振幅が零になり、光強度分布の裾広がりを抑えることができる。このようにハーフトーン位相シフトマスクを用いると、従来は分解できなかったパターンも分解可能となり、解像度を向上させることができる。

【0009】従来は、位相シフトの位相量は、位相シフトに用いる透明薄膜材料の屈折率をエリブソメータ等により予め測定し、次に、位相シフトマスク上に形成された位相シフトパターンの段差を接触式あるいは非接触式表面形状測定装置により測定して求めている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記のような位相差測定法では、厳密な位相差の測定に際し、屈折率と厚さの2種類の物理量を測定する必要があるが、位相シフトパターンのような微細なパターンでは、この2種類の物理量のマスク上での測定は測定領域が狭いため極めて困難であり、現実でできない。

【0011】実際の測定では、位相シフトに用いる透明薄膜材料の屈折率をダミーマスクを用いエリブソメータ等により予め測定し、その測定値は、すべての被測定サンプルのすべての被測定点において変化がないとの仮定の下に、位相シフトの膜厚の測定値によって位相差を保証しており、厳密さを欠いている。

【0012】位相シフト膜厚の測定により位相差を保証する際、測定法が接触式の表面形状測定装置による場合、接触針によることが多く、測定時に位相シフトパターンに損傷を与える可能性が高く、好ましくない。

【0013】また、位相シフト膜厚測定により位相差を保証する際、表面形状測定装置の測定時間は、測定法が接触式あるいは非接触式いずれにおいても、1測定点あたり数秒から数十秒の時間を要するため、効率が極めて悪い。

【0014】本発明の目的は、位相シフトマスクの位相シフトの位相差を簡単になら損傷を与えずに、短時間で、かつ実際に使用する波長とおなじ波長で直接的に、正確に測定する位相シフトマスクの検査方法および方式を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明では、部分的に透明あるいはハーフトーンの位相シフトパターンを有する位相シフトマスクの位相シフト配置部と位相シフト非配置部の間の位相差を検査する方法において、位相シフトマスクに所定波長の光を照明し、この光と参照光とを傾けて干渉させて干渉縞を発生させて、この干渉縞の位相シフト部と非位相シフト部の位相情報より位相シフトの位相量を算出する。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、図を用いて本発明の実施例を説明する。図1は本発明の第1の実施例の位相シフトマスク検査装置の説明図である。検査装置は光源1、光源1から発せられた光を物体光と参照光に2分割するビームスプリッタ2、参照光の角度を変えるミラー3、位相シフトマスク5のステージ4、ステージ4のコントローラ6、対物レンズ7、参照光のシャッタ8とそのコントローラ9、参照光の角度を変えるミラー10とそのコントローラ14、この光を拡大するレンズ11、12、対物レンズを透過した光を結像するレンズ13、位相シフトマスク5と共役で物体光と参照光が干渉する位置にあるセンサ15、センサ15から得られる画像を処理する画像処理部16、画像処理部16から得られるデータから位相量を算出する位相量算出部17、位相シフトマスク測定点への指令と物体光と参照光のなす角、シャッタのオン、オフの指令を出す指令部18からなる。

【0017】以下に動作を説明する。可干渉性のある光源1から発せられた光はビームスプリッタ2により参照光と物体光に分割される。物体光は位相シフトマスクに照射され対物レンズ7、結像レンズ13によりセンサ15上に位相シフトマスク像が結像する。一方、参照光はミラー3、10、レンズ11、12により、例えば、2次元CCDであるセンサ15上に物体光と干渉する大きさに拡大して、平行光束として照明される。この物体光と参照光はセンサ15上で干渉し、パターンとしてラインアンドスペースを用いるのならば、図2に示す干渉縞画像が画像処理部16で得られる。画像処理部16では得られた画像を用いて位相量算出部17で位相シフト量を求める。画像処理部16で得られた画像の非位相シフト部50のA-A'断面の信号は図3の実線54のように正弦波となる。また、クロムパターン部51に隣接した位相シフト部52のB-B'断面の信号は図3の破線55のように正弦波となる。この二つの信号の位相差は、 $2\pi \times d/L$ で求められ、これはA-A'断面の非位相シフトとB-B'断面の位相シフトの位相量の差となるので、A-A'断面の非位相シフトを基準とすると、B-B'断面の位相シフトの位相ずれ量が測定される。図2のようなラインアンドスペースパターンでは位相シフトは、0、 $\pi$ 、0、 $\pi$ の順に並んでいるため、50と50'の断面の信号の平均信号を基準としてこれに対するB-B'断面の位相シフトの位相ずれ量を測定すれば、位相量測定の高精度化をはかることができる。このようにして、位相差が0の場所の非位相シフトを基準として、1画像内の位相シフトの分布が求められる。このデータはすべての位相シフトの分布を求めることができる。この分布結果をもとに、位相シフト分布が許容値以内に入っているかの良否を判定し、位相シフトマスクの良否検査を行うことができる。また、図4のように断面で得られた干渉縞信号をFFTし、干渉縞ピッチから決まる周波数の位相を求めれば、これがこの干渉縞信

号の位相情報となるため、A-A'断面の干渉縞信号とB-B'断面の干渉縞信号を各々FFTし、干渉縞ピッチから決まる周波数の位相の差から位相シフトの位相ずれ量を求めることもできる。さらに、干渉縞ピッチから決まる周波数成分を周波数0の位置に一致するようにスペクトルをシフトして逆FFTすると、図12に示す位相シフト部52のC-C'断面の設計値60に対する局所的位相分布61を求めることができる。

【0018】また、指令部18から信号によりシャッタ8で参照光を遮光すると、センサ15には干渉縞のない位相シフトマスク像が結像するため、この画像と設計データを比較することにより位相シフトマスクのパターン検査も行うことができる。

【0019】このようにして位相シフト量とパターンの検査を画像処理により逐次行うことにより、マスク全面の検査が可能となる。

【0020】また、光源に異なる2波長の光を用いて上記位相を測定すれば、これを用いて任意の波長における位相差を求めることもできる。

【0021】図6は実施例の光源1からの光をファイバにより2分割した実施例である。ファイバを用いることにより参照光を導くスペースを小さくすることができる。

【0022】図7は、第2の実施例であるAO変調器により周波数の若干異なる二つの光を用いたときの検査装置の構成である。光源1より発した光は、AO変調器により、第1の波長 $\lambda$ とこれと若干波長の異なる第2の波長 $\lambda'$ の光となる。この光をミラー27とビームスプリッタ28により合成し、ミラー29、レンズ31を介して位相シフトマスク5に照射する。位相シフトマスク5を透過した光は対物レンズ7、結像レンズ13により、ビームスプリッタ31、37を介して光電変換素子39、39'の全面にあるピンホール38、38'上に位相シフトマスク像が結像する。このピンホールを通過した光は光電変換素子39、39'でビート信号として検出される。この二つのビート信号のうち、観察用カメラ32に結像した位相シフトマスク像データから指令部36より一方を非位相シフト部からの光のみを検出するように光電変換素子部40を微動し、他方を位相シフト部からの光のみを検出するように光電変換素子部40'を微動すれば、非位相シフト部及び位相シフト部のビート信号が得られる。この二つのビート信号は位相測定部34に送られ、各々の位相が求められる。二つのビート信号の位相から位相差測定部35で位相差が求められる。この位相差よりすなわち位相シフトの非位相シフトに対する位相量が求められることができる。

【0023】図8は非位相シフト部でのビート信号に相当する参照ビート信号を検出する部分を位相シフトマスクに照射しない箇所に設けた実施例である。本実施例を用いれば、参照ビート信号を検出するための光電変換素

子部を固定できる。

【0024】

【発明の効果】本発明によれば、位相差を求めるために必要な干渉縞を可動部無しに得ることができるため、高精度に位相シフトマスクのシフト量を測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の位相シフトマスクの検査装置のブロック図。

【図2】センサ上で得られる画像の例の説明図。

【図3】センサ上で得られる画像の断面の信号の説明図。

【図4】センサ上で得られる画像の断面の信号をFFTしたときの例の説明図。

【図5】センサ上で得られる画像の断面の信号をFFTしたのち逆FFTすることで位相差分布を求めた例の説明図。

【図6】光ファイバを用いて光を2分割したときの位相シフトマスクの検査装置の説明図。

【図7】本発明の第2の実施例の位相シフトマスクの検査装置の説明図。

【図8】本発明の第2の実施例の参照部を別途設けたときの位相シフトマスクの検査装置の説明図。

【図9】位相シフトマスクを用いたときのパターンコン

トラストを示す説明図。

【図10】従来のマスクを用いたときのパターンコントラストを示す説明図。

【図11】ハーフトーン位相シフトマスクを用いたときのパターンコントラストを示す説明図。

【図12】位相シフタの局所的分布の測定例の説明図。

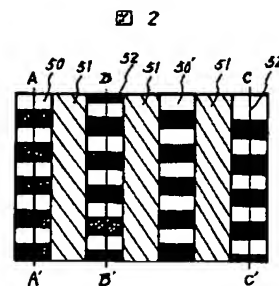
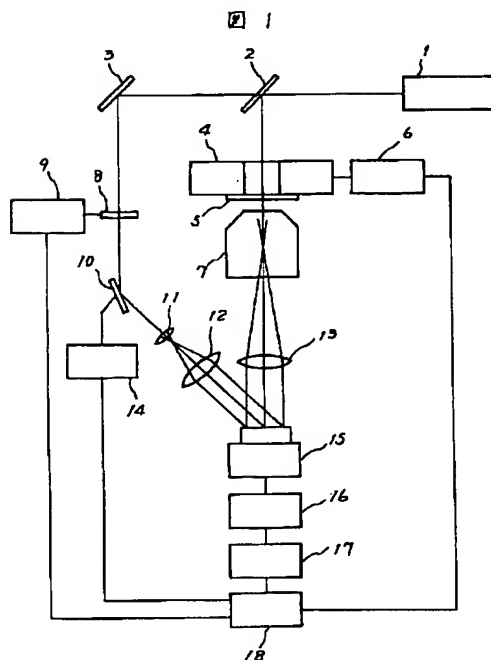
【符号の説明】

- 1…光源、
- 2…ビームスプリッタ、
- 3…ミラー、
- 4…位相シフタマスクステージ、
- 5…位相シフタマスク、
- 6…位相シフタマスクステージコントローラ、
- 7…対物レンズ、
- 8…シャッタ、
- 9…シャッタコントローラ、
- 10…角度可変ミラー、
- 11、12…レンズ、
- 13…結像レンズ、
- 14…角度可変ミラーコントローラ、
- 15…センサ、
- 16…画像処理部、
- 17…位相量算出部、
- 18…指令部。

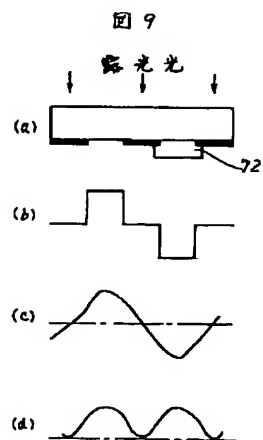
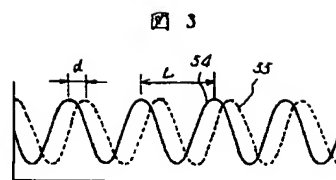
【図1】

【図2】

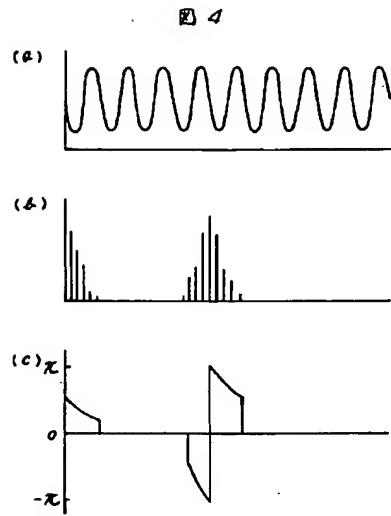
【図9】



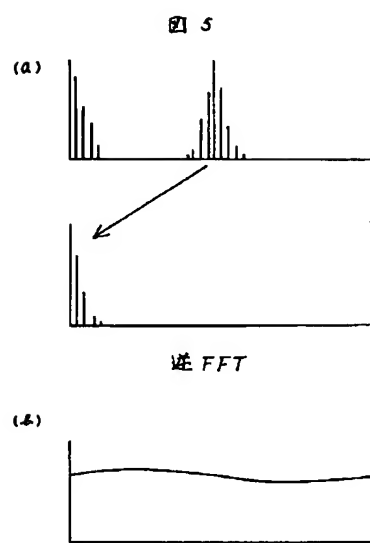
【図3】



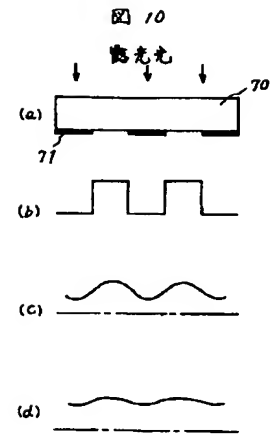
【図4】



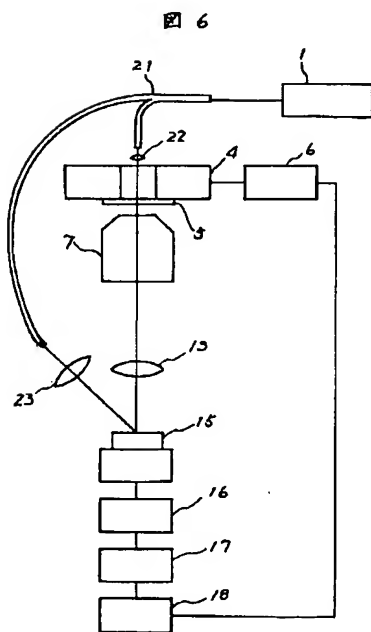
【図5】



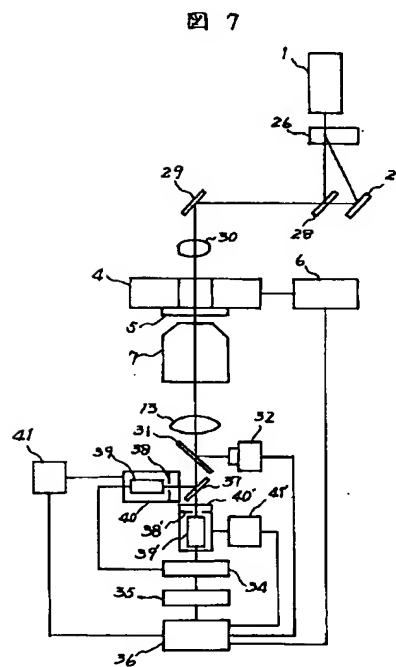
【図10】



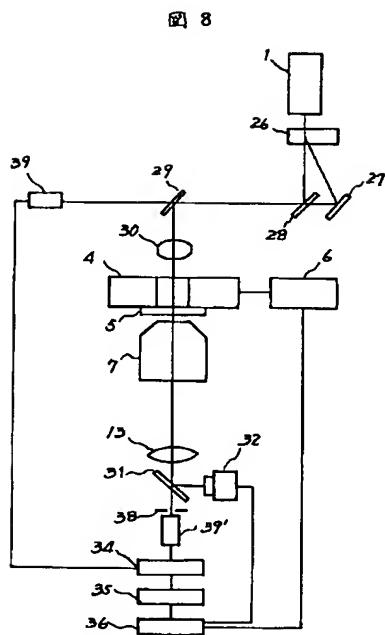
【図6】



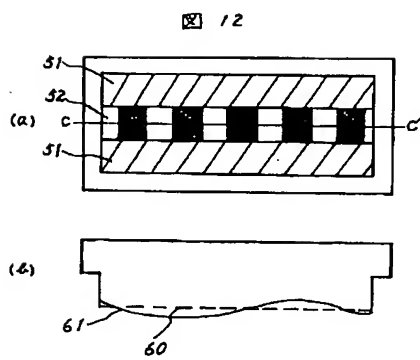
【図7】



【図8】



【図12】



【図11】

